

UTILIZACION DE LOS RIELES DESGASTADOS



En Europa los rieles que ya no pueden servir en las líneas, ni siquiera en las vías accesorias, vuelven a la fábrica como hierro viejo, i, mezclados con otras barras, forman los paquetes que han de dar rieles nuevos. Con esa operacion que se llama impropiamente *remaniage* (recompostura), pues se utiliza solo la materia, como se utiliza el trapo en la fabricacion del paño, la compañía esplotadora del ferrocarril, al renovar sus vías, pierde solo el metal desgastado i el costo de la fabricacion.

En un pais como Chile, donde no existe la siderurjia, ni, por consiguiente, el *remaniage*, el hierro fuera de uso no se puede aprovechar sin enviarlo a Europa o a los Estados Unidos, cargándolo de un flete mui elevado. Se comprende, pues, que los injenieros hayan tratado de utilizar los rieles desgastados en las obras públicas, i mui interesantes son todas las aplicaciones que se han hecho. Entre ellas, la mas importante consiste en utilizar los rieles viejos como pilotes o cepas sobre que descansan numerosos puentes de madera, muelles, malecones i otras obras.

La resistencia de esos apoyos depende del número de rieles i de su clavado. En las líneas del Estado, los rieles nuevos pesan 30 kilógramos el metro corrido; perderán en la vía ántes

de ser rechazados unos 5 a 6 kilógramos, término medio, conservando un peso de 24 kilógramos que corresponden a una seccion de $\frac{24}{0{,}0078}$ = 3077 milímetros cuadrados. Segun el largo libre de los pilotes se calculará en cada caso la carga que puede resistir el riel. Fijándola en 4 kilógramos por milímetro, un pilote cargará con seguridad 12,500 kilógramos i, si se unen dos rieles, 25 toneladas—que es lo que carga tambien un pilote de madera de $0^m{,}25$ de diámetro—por mas que el clavado lo afiance en el terreno.

Con aproximacion i mediante un coeficiente de seguridad, se avalúa la resistencia del terreno, o mas bien la resistencia del pilote a la penetracion, por las ecuaciones que siguen:

Llamando P el peso de la maza del martinete;
p el peso del pilote que se clava;
H la altura de la caída;
X la velocidad que comunica la mazada al pilote;
R la resistencia a la penetracion;
e la penetracion del pilote;

despreciando ademas la compresion lateral del terreno, las vibraciones del pilote i del martinete como el rozamiento de la maza,

$$P\sqrt{2gH} = (P+p)\,X$$

$$\frac{P+p}{2g}X^2 + (P+p)e = Re$$

La primera ecuacion espresa que la cantidad de movimiento de la maza pasa, por el choque, a la maza junto con el pilote; la segunda, que la pérdida de fuerza viva iguala el doble del trabajo de las fuerzas. Eliminando X entre las dos, se deduce

$$Re = \frac{P^2H}{P+p} + (P+p)e$$

La dificultad consiste en medir la cantidad *e* i para subsanarla se repite la mazada unas cuantas veces, notando solo la

penetracion total (Σ e). La resistencia (R) como la corrida (e) varían a cada mazada i en realidad, si se llama R_1, R_2, R_3,... i e_1, e_2, e_3,... los valores sucesivos, existe entre ellos las relaciones

$$R_1\ e_1 = \frac{P^2 H}{P+p} + (P+p)e_1$$

$$R_2\ e_2 = \frac{P^2 H}{P+p} + (P+p)e_2$$

$$R_3\ e_3 = \frac{P^2 H}{P+p} + (P+p)e_3$$

. . . .

$$R_n\ e_n = \frac{P^2 H}{P+p} + (P+p)e_n$$

La resistencia del terreno va aumentando con el clavado i al concluir éste hemos de contar con el máximo R_n. Sin embargo para simplificar la fórmula i favorecer la estabilidad al mismo tiempo, se avalúa la R media sustituyendo la suma de los productos $R_1 e_1 + R_2\ e_2 + R_3\ e_3$... por este otro: $R(e_1 + e_2 + e_3 \ldots)$ o sencillamente por R e en que (e) será la penetracion total medida despues de una andanada de (n) mazadas. Con esto la resistencia a la penetracion del pilote se determina por esta ecuacion:

$$R = n\ \frac{P^2 H}{(P+p)\ e} + (P+p)$$

El último término orijinado por la gravedad influye poco en aumento de R i se desprecia jeneralmente, lo que da la fórmula bien conocida

$$R = n\ \frac{P^2\ H}{(P+p)\ e}$$

Aunque R no alcance la resistencia [Rn] de la última mazada, seria imprudente cargar el pilote o la cepa con un peso igual: R está producido por el choque; es una resistencia ins-

tantánea, siempre mui superior a la permanente, i toda la enerjía del choque no pasa en efecto útil como lo hemos admitido, sino que orijina vibraciones i compresiones laterales que no duran. Por eso hai que introducir un coeficiente de seguridad S si se quiere aplicar la fórmula a la carga estática i permanente Q.

$$Q = \frac{1}{S} \frac{n}{e} \cdot \frac{P^2 H}{(P+p)}$$

Siendo Q *la carga máxima que llevará con seguridad un pilote o riel de (p) kilógramos, clavado a rechazo (e) por andanada de (n) mazadas con un martinete caracterizado por el producto P. H de la maza i la caida.*

El coeficiente S depende de varios elementos, principalmente de la velocidad de la maza o de su caida H, de la flexibilidad de la pieza, es decir, de su coeficiente de elasticidad i de su largo relativo, de la firmeza del terreno i de las asperezas del pilote. Sola la esperiencia puede indicar cuál es el valor que conviene adoptar, i a ese respecto hé aquí algunos datos:

	P	H	p	n	Q	e	S
Puente de Neuilly	600	1.40	400	25	52000	0,0045	5.4
M. Sganzin	600	3.60	300	10	25000	0,01	58
M. Peyronnet	600	1.20	300	30	25000	0,01	58
Pliego de condiciones belga	500	1.30	300	30	30000 25000	0,02	20 a 24
Puente de S. Jean s/ Adour A. P. C. 1885	800	4.00	300	25	23575	0,15	16.5
Puente de Ivry	550	3.00	350	10	16000	0,04	16

Observaremos que el pilotaje del puente de Neuilly lleva una carga mui escepcional: cada estaca carga 58 kilógramos por centímetro cuadrado, miéntras que en las aplicaciones ordinarias no llega a 50 kilógramos. Las indicaciones de Sganzin i Peyronnet son mui antiguas i proceden de esperiencias insuficientes i así nos queda un coeficiente de 16 a 20. En Holanda se admite 6, valor indicado por M. Woltman, pero en ese pais el terreno es flojo, la ficha de los pilotes mui larga i la carga

poco elevada. Nos parece que en Chile conviene mas adoptar la práctica de los injenieros belgas i franceses i tomar S = 16 a 20, sea 18 término medio.

La resistencia del terreno se desarrolla en todo lo largo de la parte enterrada i, si la corriente excava el fondo del rio, no se debe contar con la capa móvil, a no ser que la defienda un recinto de tablestacas o de escolleras.

El coeficiente que acabamos de determinar es el que corresponde a pilotes de madera. ¿Qué sucederá usando rieles? ¿se aumentará o nó el coeficiente de seguridad i en qué proporcion? No es posible contestar con la misma precision, porque faltan esperiencias; pero es lo cierto que una barra de fierro mas lisa en su periferia, mas compacta en su textura, mas dura, penetra en el terreno con mas facilidad; que con igual resistencia, la seccion será la décima parte de la madera; que el perfil trasversal del riel favorece la tesura; que la deformacion elástica es como la mitad de la que sufre la madera. Hai mas aun: el óxido de fierro que, al poco tiempo, se forma a lo largo de la barra entoba la arena i la tierra, uniéndose con ella como un cemento i hace imposible no solo la penetracion sino tambien el arranque. En Valparaíso ha sucedido varias veces, segun nos ha informado el distinguido injeniero M. Delannoy, que al tratar de arrancarles, los rieles, se rompieron. De esas consideraciones se desprende a las claras que el clavado de estacas es mucho mas eficaz con el fierro que con la madera; no se pierde tanto en vibraciones i compresiones; lo imprevisto e incierto en la operacion no alcanza ya tanta importancia i la resistencia va aumentando con el tiempo. No cabe duda de que se conseguirá con los rieles una seguridad equivalente a la de los pilotes ordinarios, dando a S de la fórmula anterior un valor mui inferior a 18, probablemente mas cerca de la indicada por M. Woltman. Hasta que, con el concurso de la esperiencia, se precise el valor mas conveniente, me parece bien adoptar un coeficiente de seguridad de 10 a 12. Introduciendo este último valor en la fórmula anterior i suponiendo un martinete de brazos con una maza de 500 kilógramos i una caida de $1^{m}30$, el rechazo por andanada de 30 golpes que se impondrá al clavado será:

para un riel de $6^{m}00$ llevando 12 toneladas e=0.105
" dos rieles " 24 " e=0.048

Veamos ahora lo que valen en Chile los rieles desgastados para luego hacer la comparacion entre pilotes de madera i de hierro. Hoi dia los rieles de fierro cuestan en Europa 62 pesos al tipo de 20 peniques i los de acero 65 pesos la tonelada. Los rieles desgastados pueden avaluarse en 60% los de fierro, en 55% los de acero, de lo que se pagan nuevos, de manera que ámbos vienen a representar de 36 a 37 pesos, entregándolos en Europa. Pero el flete por tierra i por mar, el carguío i el desembarque no costarán ménos de 25 a 30 pesos, dejando a lo mas 10 pesos como precio efectivo de los 1000 kilógramos. Los dos rieles de 6 metros de a 24 kilógramos el metro hacen 288 kilógramos i ascienden a 2 pesos 88 centavos; cantidad que, con el costo de la preparacion i union de las dos piezas, sube a 3 pesos 30 centavos. Un pilote de madera de 0.25 de diámetro equivale como resistencia a los dos rieles; su largo será de $6^{m}40$ dejando $6^{m}00$ útiles, su volúmen 314 decímetros cúbicos i su valor de 5 pesos 50 centavos a 6 pesos, listo ya para el clavado. Si hubiera que armarle de una zapata, como a veces sucede con el ripio aglomerado, el precio aumentaria en un 80%

El cálculo que precede cuenta con el mismo largo $6^{m}00$ en los dos sistemas: en realidad los rieles tomarán una ficha algo superior, pero el clavado es mas fácil i ménos costoso, lo que da larga compensacion.

Resulta, pues, una economía notable de aprovechar en Chile los rieles desgastados como pilotes i cepas. A esa ventaja se agrega la penetracion a mayor hondura i la posibilidad de alargar las estacas fuera del agua o del terreno en forma de cepas, asentando las vigas directamente en ellas. En caso de componer las piezas de 2 o mas barras, los empalmes se harán con el esmero que requiere la compresion, ajustando las esclisas i trabando entre sí los pie derechos o cepas.

No ha llegado a mi conocimiento que se haya hecho aun un pilotaje de fundacion con rieles viejos i sin embargo el hierro se emplea en los pilotes de rosca i de disco, en columnas, en cajones i demas construcciones enterradas o sumerjidas. Creo

que la barra, protejida por una primera capa de orin i por la arena que adhiere a él, durará indefinidamente como la buena madera. En esta utilizacion nueva se ahorrará el gasto de aparejar los rieles, clavándolos aislados, a 0.50 o 0.60 uno de otro, i para salvar la dificultad del emparrillado se trabarán con una capa de concreto de $1^{m}00$ a lo ménos sobresaliendo los rieles de 0.40 a 0.50. Con esta disposicion la oxidacion del metal alcanzará a entobar todo el macizo atravesado i es posible, hasta probable, que éste adquirirá firmeza e inmovilidad suficientes para no necesitar mas el concurso de los pilotes.

L. COUSIN
Profesor de Ferrocarriles y Puentes de la Seccion Universitaria

Santiago, 25 de abril de 1892

